

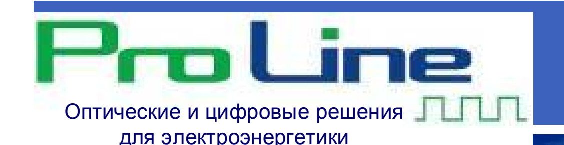
Оптические высоковольтные измерительные трансформаторы.





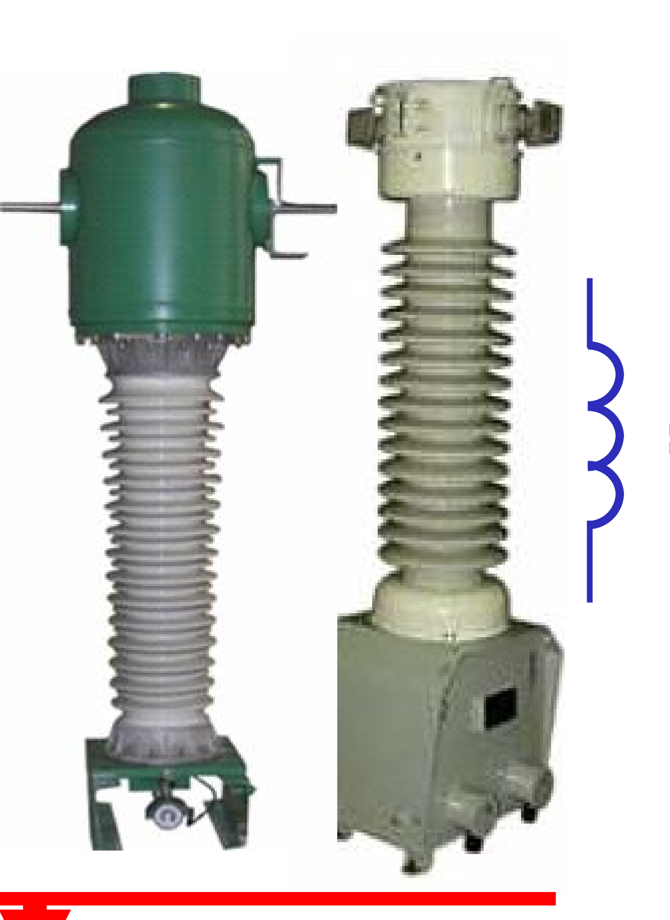


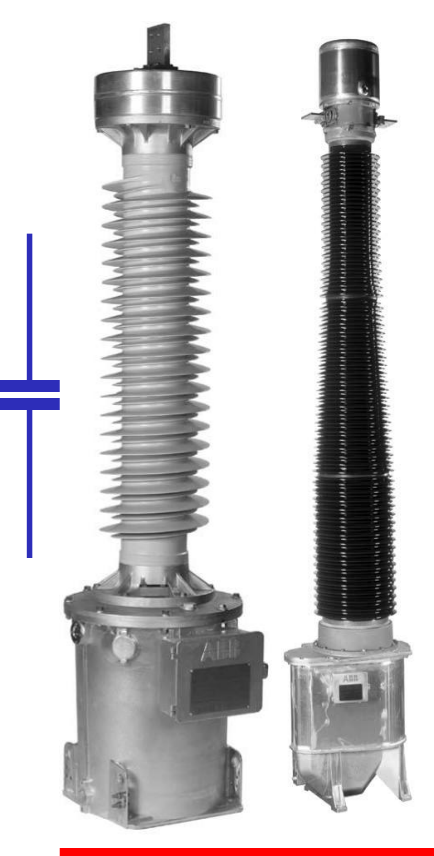
Технические и экономические аспекты применения.



Традиционные трансформаторы. Недостатки.

- ✓ Наличие масла или элегаза;
- ✓ Опасность размыкания вторичных цепей ТТ;
- ✓ Большой вес и габариты;
- ✓ Насыщение ТТ при КЗ;
- ✓ Феррорезонанс;
- ✓ Пониженная сейсмостойкость





- ✓ Повышенный тангенс диэлектрических потерь;
- ✓ Невысокие переходные характеристики емкостных ТН;
- ✓ Узкая полоса пропускания;
- ✓ Высокая неравномерность в полосе пропускания;
- ✓ Сильное влияние вторичных цепей на точностные характеристики ИИК

Снижение эксплуатационных характеристик (безопастность, эксплуатационные расходы).

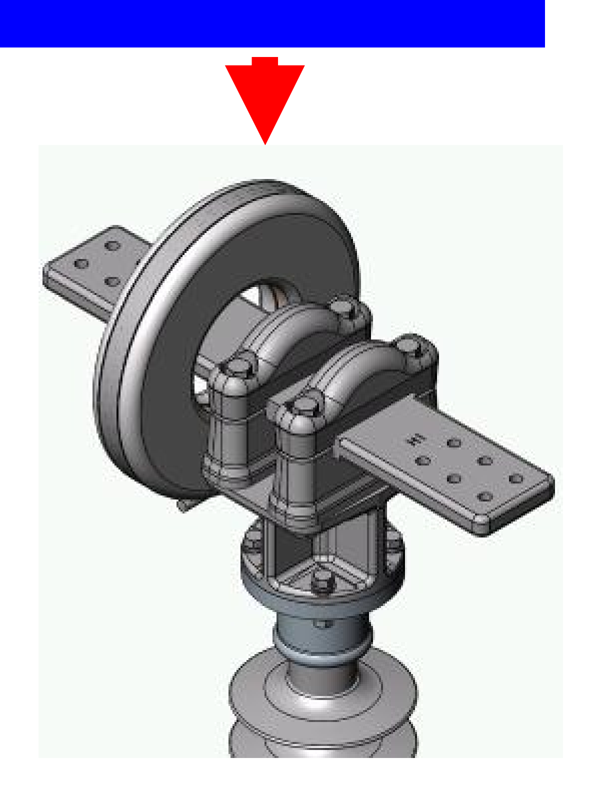
Ухудшение метрологических характеристик измерительных комплексов.



Преимущества оптических трансформаторов

✓Отсутствие масла, целлюлозы, элегаза

✓ Высокая пожаро и взрывобезопасность



✓ Оптические методы считывания параметров тока и напряжения;

✓Полная гальваническая развязка, высокий уровень ЭМС

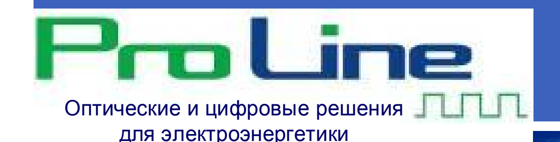


✓ Цифровая обработка сигналов и современные интерфейсы;

✓ Настраиваемый пользо-вателем коэффициент трансформации;

✓Отсутствие опасности размыкания вторичных цепей;





Принцип действия оптического датчика тока .

Продольный магнитооптический эффект Фарадея (1845 год) заключается в том, что при распространении линейно поляризованного света через вещество, находящееся в магнитном поле, наблюдается вращение плоскости поляризации света.

Источник оптического излучения

Линейный поляризатор

Магнитное поле H

Оптическое волокно

$\Delta\varphi$

Линейный поляризатор

I_S

Приёмник оптического излучения

$$\Delta\varphi = 4 \times V \times N \times I$$

V – постоянная Верде

N – количество витков

I – сила тока.

Интенсивность

I_S

0

Магнитное поле

H

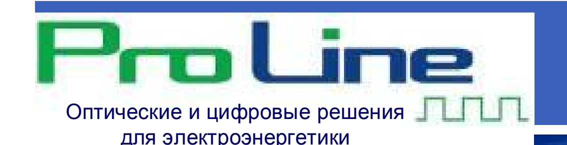


Схема оптического трансформатора тока.

I_0 (0.01 – 100) кА

Четвертьволновая фазосдвигающая пластинка

Модулятор

Линейный поляризатор

Оптический разветвитель

Лазерный источник

Зеркало

Оптическое волокно

Приемник

Усилитель

1А, 5А

4 В

АЦП

ЦАП

Код

Измерение тока основано на принципе Фарадея с отражением световой волны в конце оптического волокна, что обеспечивает независимость выходного сигнала датчика от температурных воздействий и механических вибраций.



Принцип действия оптического датчика напряжения.

Линейный электрооптический эффект Поккельса (1893 год)
- явление возникновения двойного лучепреломления в оптических средах при наложении постоянного или переменного электрического поля.

Источник оптического излучения

Круговой поляризатор

Электрическое поле

Ячейки Поккельса

Сдвиг $\Delta\varphi$

Поляризатор

I_S

Приёмник оптического излучения

$$\Delta\varphi = \pi \times L \times K_{ij} \times E / \lambda$$

L – толщина пластины

K_{ij} – электрооптические коэффициенты

E – напряженность поля

λ – длина волны.

Интенсивность I_S

0

E

Электрическое поле

Функциональная схема оптического трансформатора напряжения

Лазер

Ячейка Поккельса

E

Приемник

Усилитель

100 В

4 В

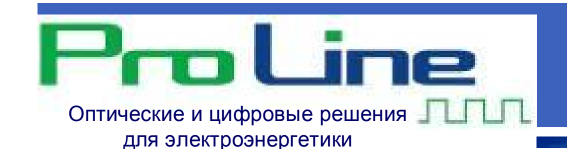
АЦП

ЦАП

Код

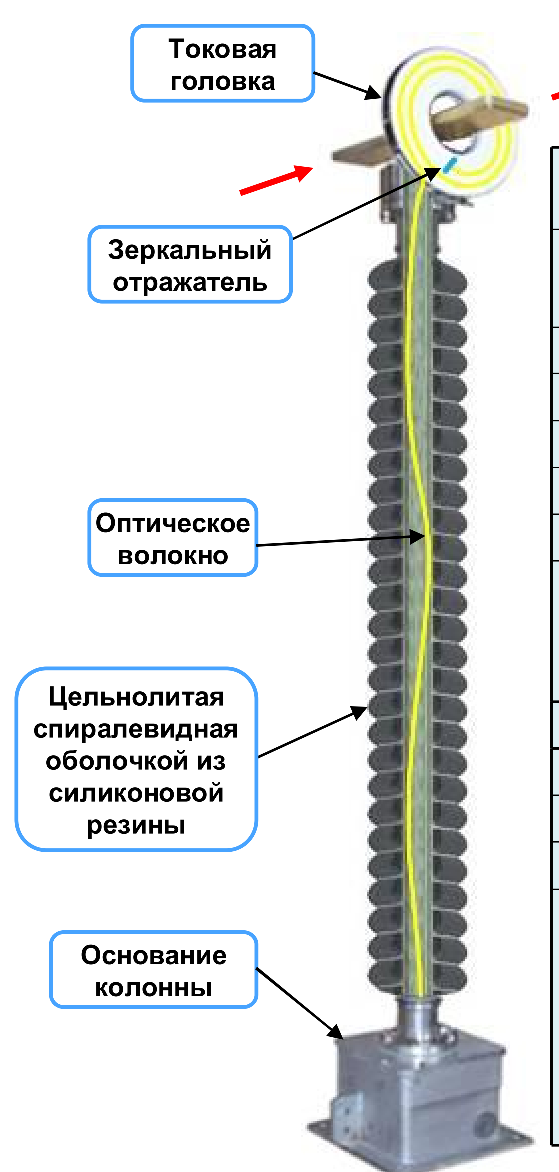
Оптическое волокно

Измерение напряжения основано на измерении электрического поля ячейкой Поккельса с использованием двухканального метода, обеспечивающего устойчивость к колебаниям температуры, вибраций и изменению интенсивности света от лазерного источника.

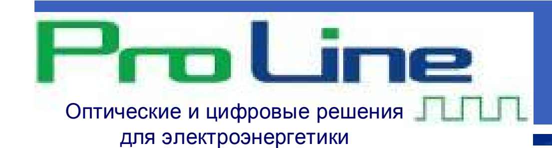


Измерительный высоковольтный трансформатор тока.

Основные технические характеристики трансформатора NXCT

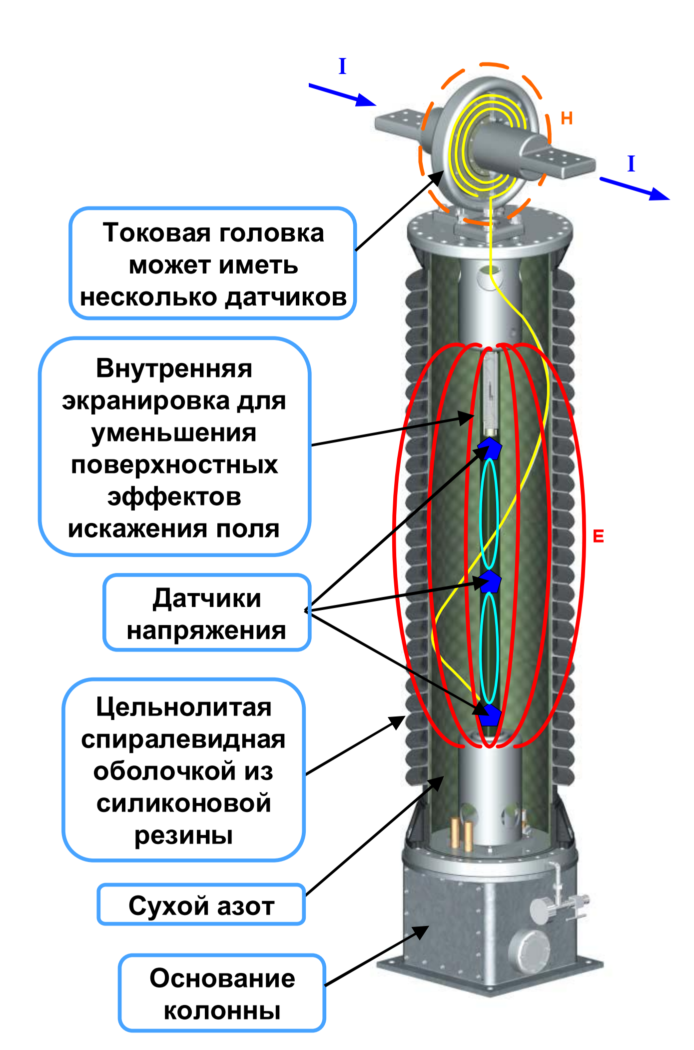


Классы напряжения	От 36 кВ до 1150 кВ АС От 25 кВ до 800 кВ DC
Класс точности	Класс 0.2S для измерения
	Класс 5Р для защиты
Диапазон номинальных токов	100А … 4000А
Ток термической стойкости (1 сек.)	63 кА
Ток электродинамической стойкости	170 кА
Параметры интерфейсов:	
Цифровой интерфейс	В соответствии с IEC 61850-8-1/9-2LE
Аналоговый LEA интерфейс	4 В измерение, 200 мВ защита
Аналоговый HEA интерфейс	1 А, 5А
Полоса пропускания	от 10 Гц до 6 кГц (расш. до 20 кГц)
Электрические параметры:	
Питание электронного блока	от 70 до 150 В постоянного тока
Номинальная мощность	50 Вт
Механические параметры:	
Вес	49 – 95 кг
Высота	1,5 – 6,3 м
Тип изолятора	Композитный изолятор сухого типа с защитной цельнолитой оболочкой из силиконовой резины. Производитель – «MacLean Power Systems»



Комбинированный высоковольтный оптический трансформатор тока и напряжения.

Основные технические характеристики комбинированного трансформатора NXVCT



	Ток	Напряжение
Классы напряжения	100А … 4000А	От 110 кВ до 800 кВ
Класс точности:		
Для измерений	Класс 0.2S	Класс 0.2
Для защиты	Класс 5Р20	
Номинальные значения первичных параметров	от 1% до 200%	от 50% до 200%
Параметры интерфейсов:		
Цифровой интерфейс	В соответствии со стантартам IEC 61850-9-2	
Аналоговый LEA интерфейс	4 В измерение	4 В измерение и защита
	200 мВ защита	
Аналоговый НЕА интерфейс	1 А	100/√3 В
Ширина полосы пропускания	от 10 Гц до 6 кГц	от 30 Гц до 5 кГц
Электрические параметры:		
Питание электронного блока	от 70 до 150 В постоянного тока	
Номинальная мощность	135 Вт	
Механические параметры:		
Вес	180 – 780 кг	
Изоляция	Азот - 2 атм.	
Тип изолятора	Композитный изолятор с защитной цельнолитой спиралевидной оболочкой из силиконовой резины.	

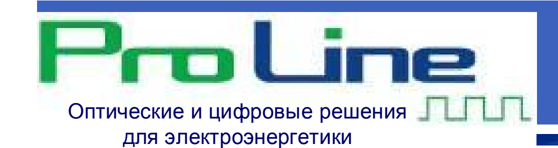


Схема подключения оптических высоковольтных трансформаторов на подстанции.

ОРУ

Фаза А

Фаза В

Фаза С

Кабельный бокс

Фидерные кабели

Диспетчерская

Комплект электроники

Вторичное оборудование

Электронный счетчик

1 А

100/ √3Â

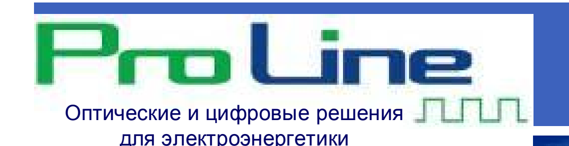
Устройство контроля качества электроэнергии

Устройство регистрации

4 В

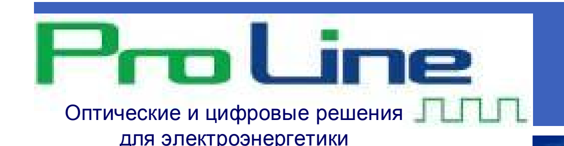
4 В

Магистральный кабель



Преимущества оптических трансформаторов.

Высокая точность трансформатора напряжения в широком динамическом диапазоне



Преимущества оптических трансформаторов.

Улучшенные точностные характеристики оптических трансформаторов тока

Класс точности 0.2S

Погрешность в %

0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8

1 10 100 1000

Ток (А)

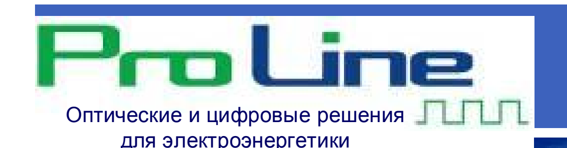
Класс точности 0.2S

Угловая погрешность в минутах

40
20
0
-20
-40

1 10 100 1000

Ток (А)



Преимущества оптических трансформаторов.

Точностные характеристики ИИК коммерческого учета электроэнергии

Погрешность [%]

1.0%
0.5%
0.0%
-0.5%
-1.0%
-1.5%
-2.0%
-2.5%
-3.0%
-3.5%
-4.0%

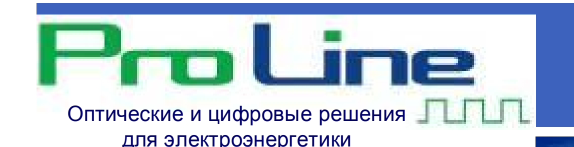
0.01% 0.1% 1% 10% 100%

Номинальный ток [%]

IEC 0.2S + ANSI C12-10 - C12-20
IEEE 0.3 + ANSI C12-10 - C12-20
NXCT + MAXsys 2510

MAX

Исключительная точность, находящаяся далеко за пределами требований стандартов, позволяет сократить номенклатуру оборудования.

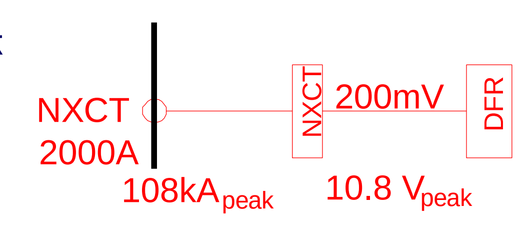


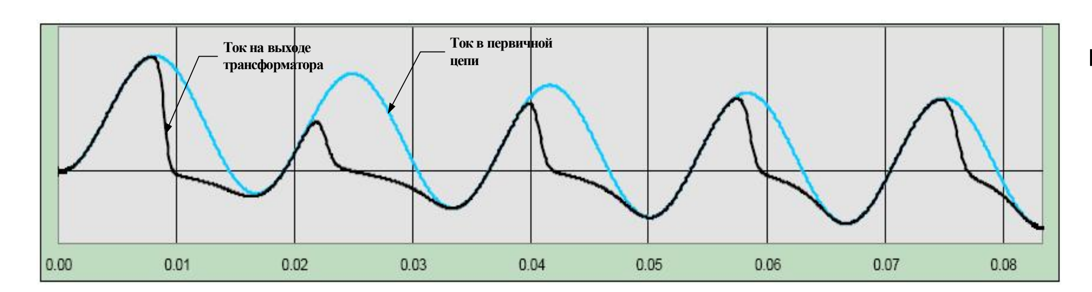
Преимущества оптических трансформаторов.

Точное воспроизведение формы тока при коротком замыкании

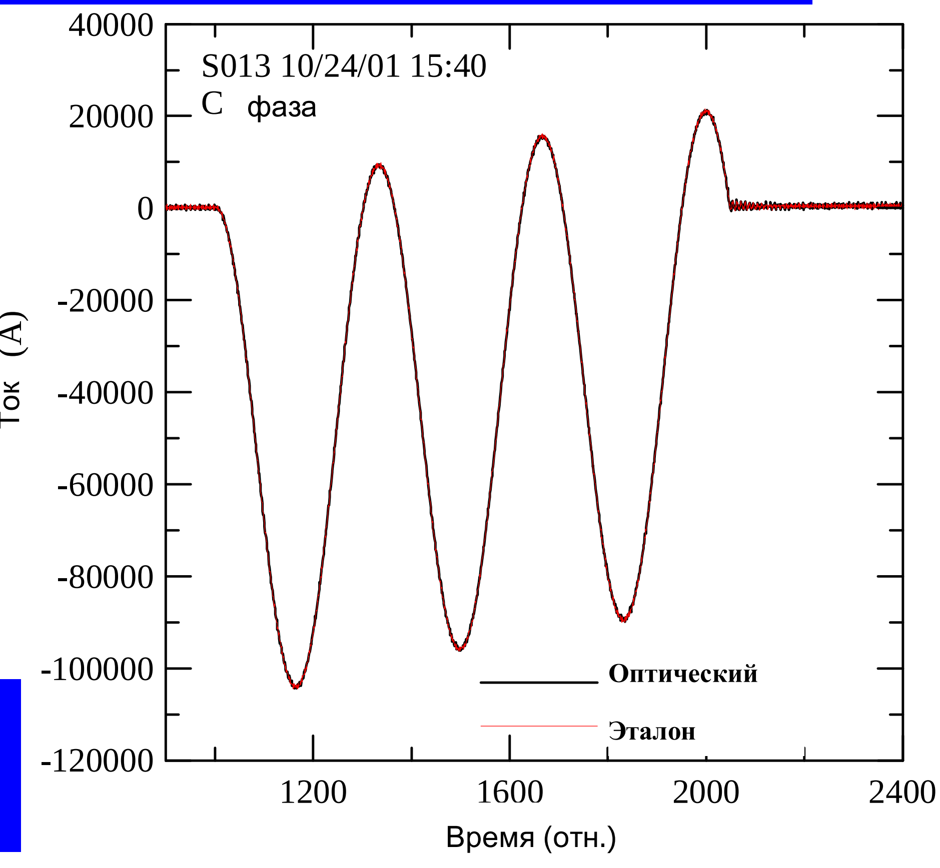
Оптический датчик трансформатора, испытанный с максимальной положительной апериодической составляющей, обеспечивает линейность в сравнении с точным резистивным шунтом, лучше чем 2 %.

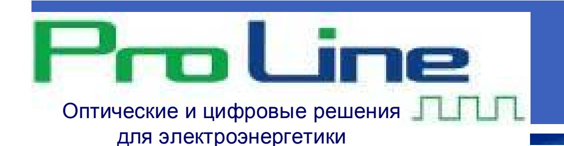
- ✓ 2000 А номинальный ток
- ✓ 108 kA (40 kARMS) пиковое значение
- ✓ 200 mV номинальный вторичный уровень





Выходной сигнал традиционного измерительного трансформатора в сравнении с током в первичной цепи



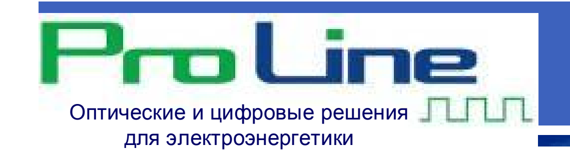


Преимущества оптических трансформаторов.

Расширенная полоса пропускания

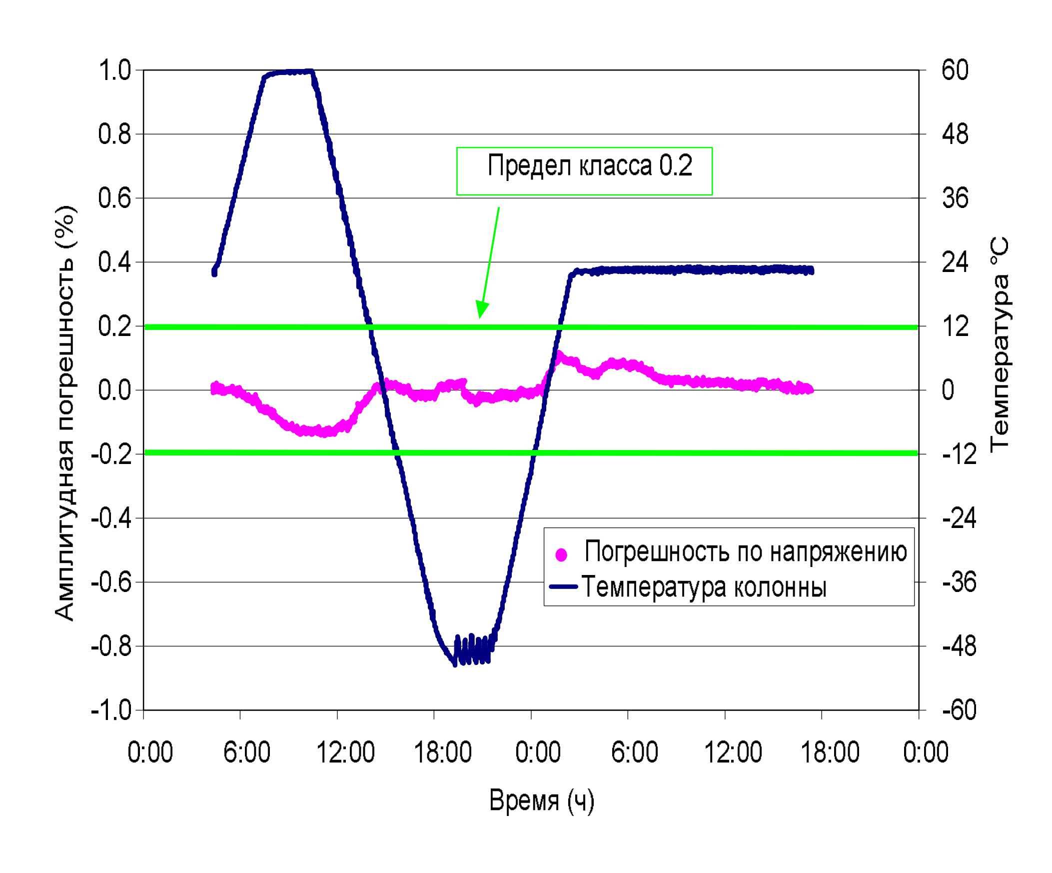
Амплитудно-частотная характеристика трансформаторов напряжения
(результаты моделирования)

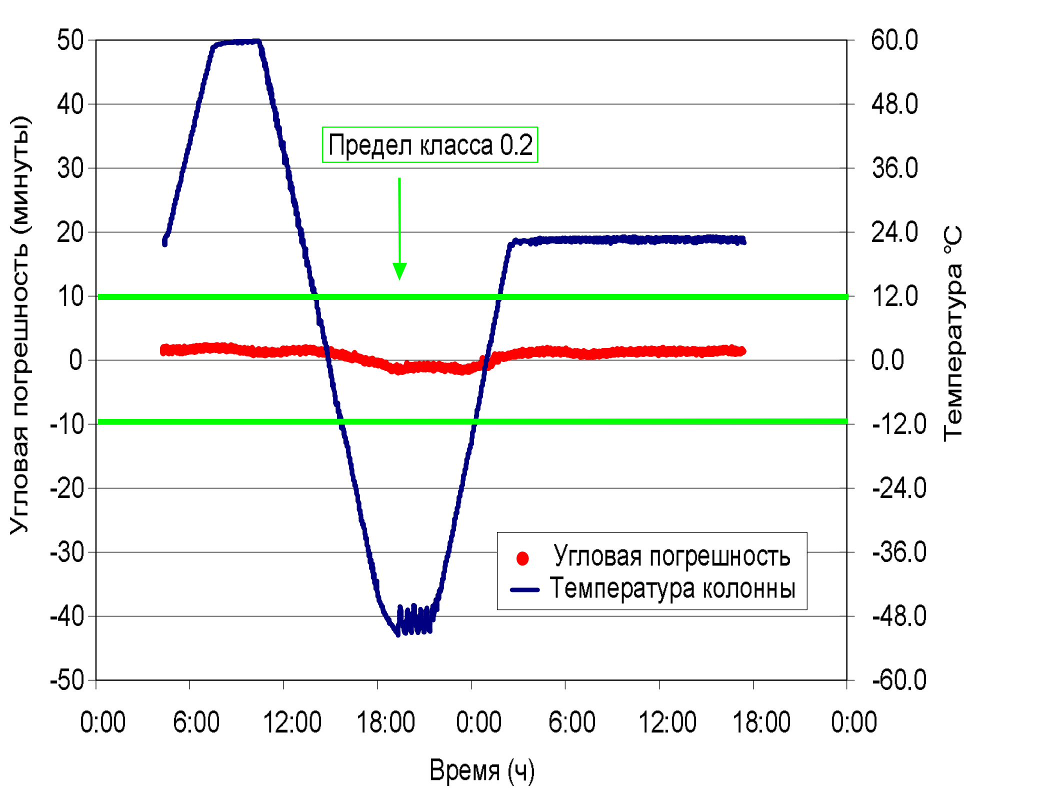
Амплитуда
3,00
2,25
1,50
0,75
0,00
1,2 кГц - первый резонанс
Медный трансформатор
0,05 кГц
Оптический трансформатор
-1dB
-3dB
Частота, кГц
0 1 2 3 4 5

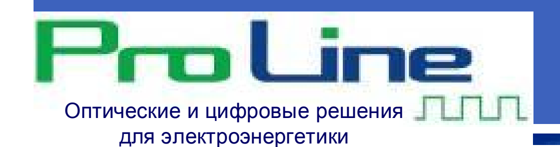


Преимущества оптических трансформаторов.

Влияние температуры на точностные характеристики

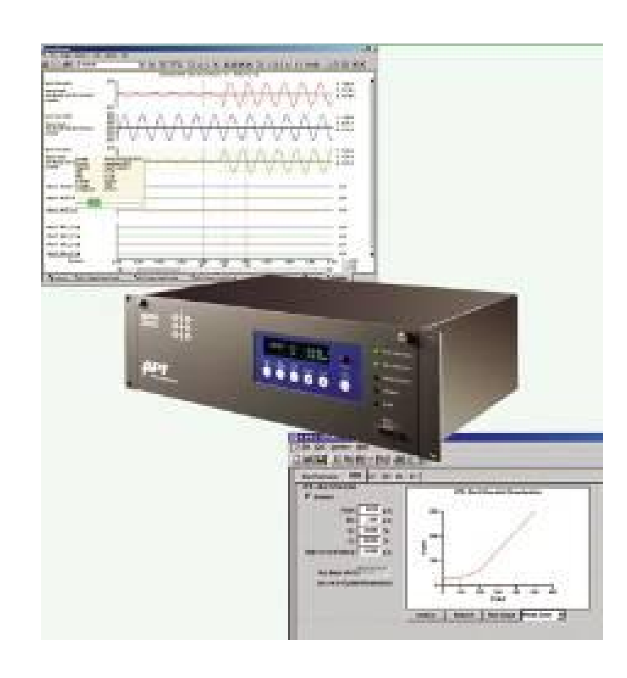






Преимущества оптических трансформаторов.

Настраиваемый масштабный коэффициент



Optical Sensor Control Panel

File View Tools Help

- Summary
- Configuration
  - System
  - Current Sensor 1
  - Current Sensor 2
  - Current Sensor 3
  - Voltage Sensor 1
  - Voltage Sensor 2
  - Voltage Sensor 3
- Maintenance
  - System
  - Current Sensor 1
  - Current Sensor 2
  - Current Sensor 3
  - Voltage Sensor 1
  - Voltage Sensor 2
  - Voltage Sensor 3
- Service

General | Output 1 | Output 2

Type:	High-Energy Analog (HEA)	
Application:	Metering	
Zero Primary Current Threshold (A):	0.15	
Turns Ratio:	1000 : 1	
Rated Primary Current:	1000	A
Rated Secondary Voltage LEA:	4000	mV
Rated Secondary Current HEA:	1	A
Fiber Turns:	20	
Sensitivity:	50.000	A / Turn
Max Measurable Peak Current LEA:	2825.0 A	
Max Measurable Peak Current HEA:	2120.0 A	

Recalculate

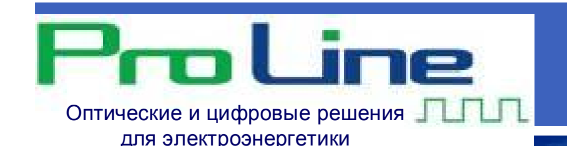
Apply

Discard

Print...

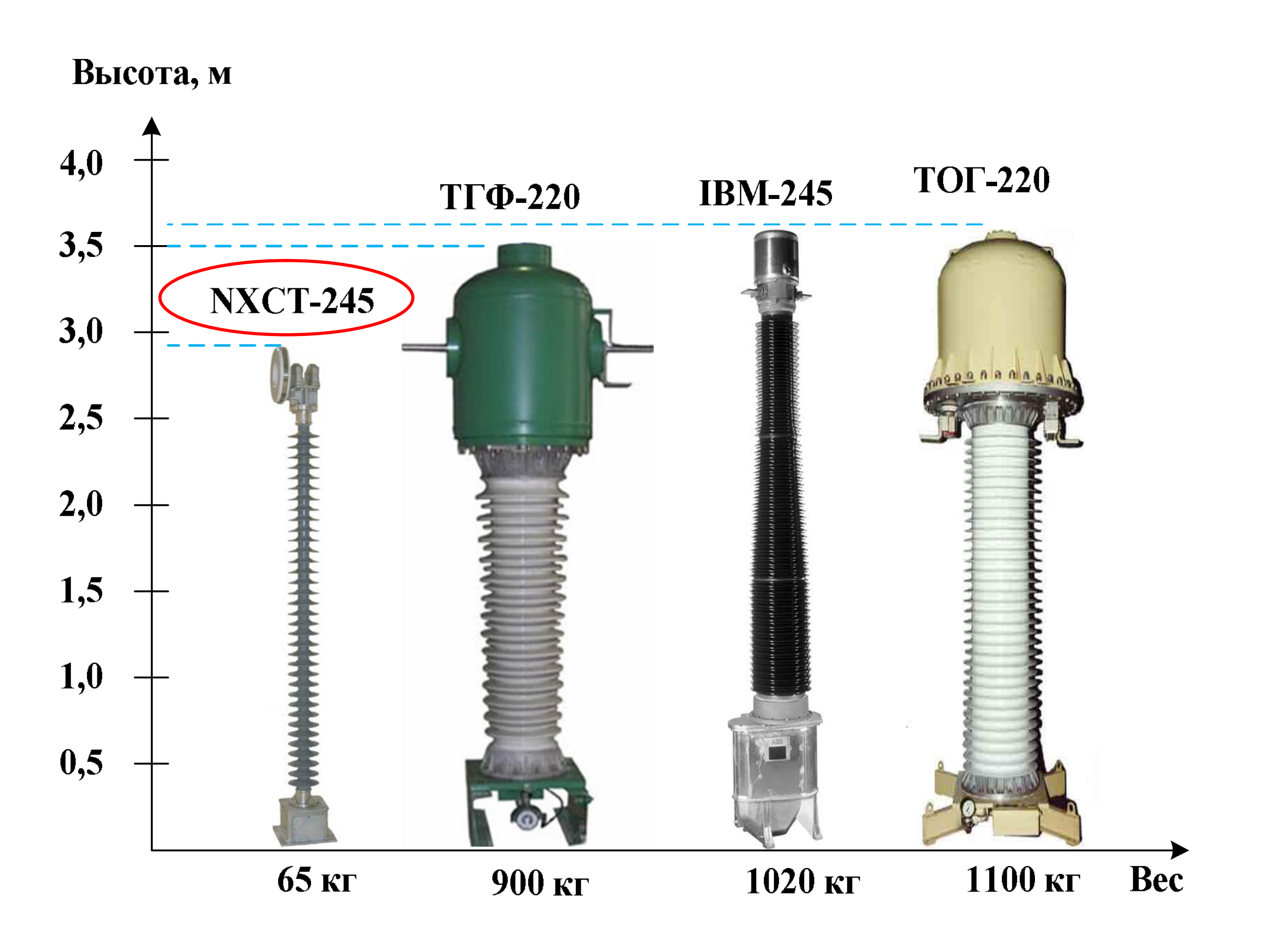
System: NXVCT-500kV | Connected | DI: | MR: | System Time: May. 31, 06 13:21:27 (Pacific Daylight Time)

Изменение коэффициента трансформации



Преимущества оптических трансформаторов.

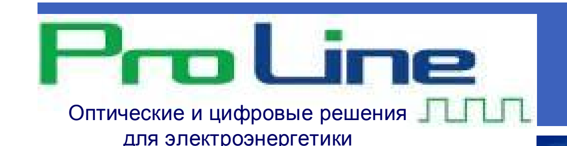
Малые габариты и вес



Трансформаторы тока

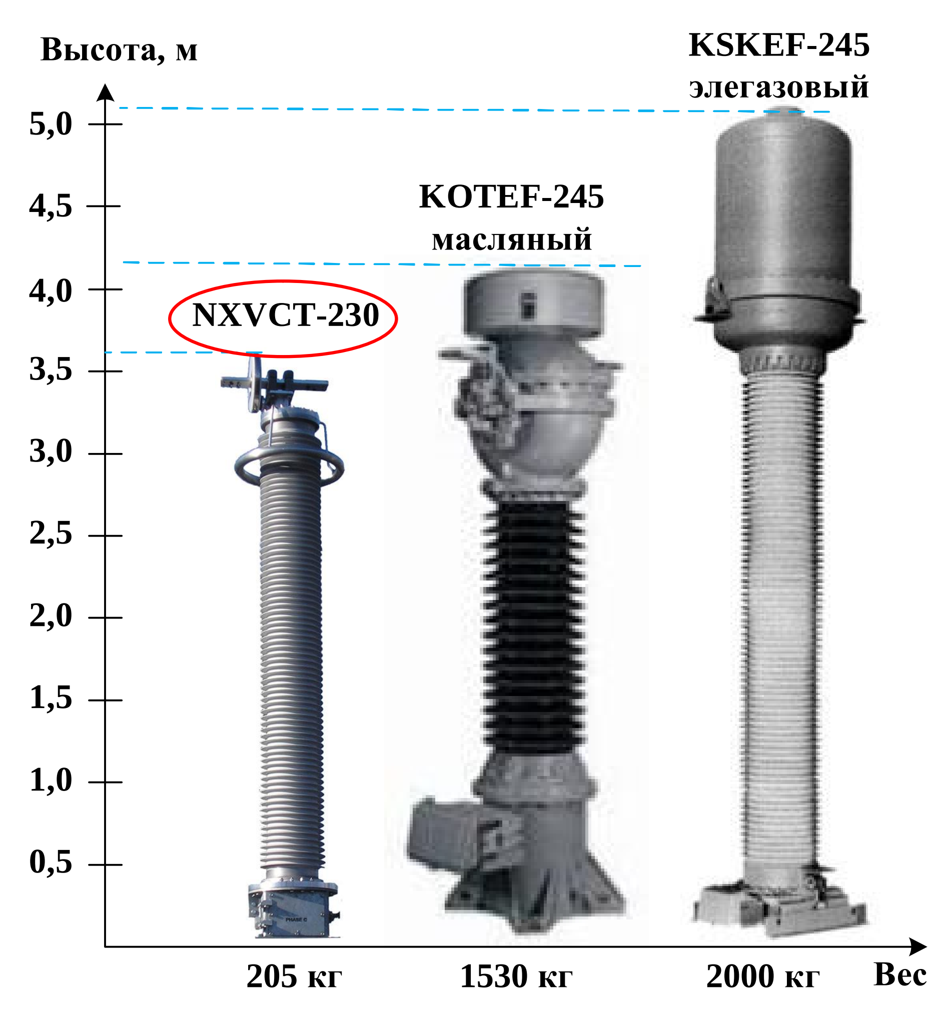
- ✓ Вес составляет 10% от веса традиционных измерительных трансформаторов
- ✓ Уменьшение фундаментов и стальной арматуры





Преимущества оптических трансформаторов.

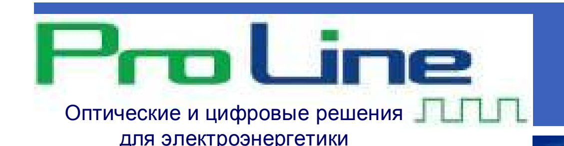
Малые габариты и вес



Трансформаторы напряжения

- ✓ Уменьшение необходимых площадей
- ✓ Низкая восприимчивость к вибрации и повышенная сейсмостойкость





Преимущества оптических трансформаторов.

Подключение по интерфейсу IEC 61850-9-2 к оборудованию цифровой подстанции

Сервер данных
АРМ диспетчера
АРМ Диспетчера
Шлюз передачи данных
Програмно-аппаратный комплекс

IEC 61850-8-1

Электро-счетчик
Измеритель ПКЭ
РЗ резервный комплект
РЗ основной комплект
Регистратор

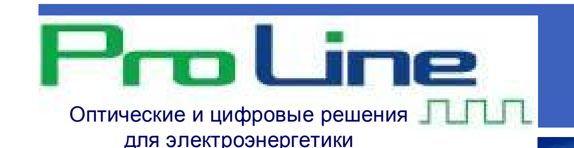
IEC 61850-9-2

Дополнительные стандарты:

- ✓ Резервирование – IEC 61439
- ✓ Синхронизация – IEEE 1588
- ✓ Кибербезопасность – IEC 61531

Блок NXCT

Блок NXVCT



Преимущества оптических трансформаторов.

Уменьшение суммарной погрешности измерительных комплексов

Традиционная схема построения информационно-измерительных комплексов

Традиционные трансформаторы

- ТН 0.2 + 0.05 (Отрицательная погрешность из-за перегрузки ТН) + 0.15 (Отрицательная погрешность из-за потерь во вторичных цепях) + 0.05 (Отрицательная погрешность из-за малого cos φ) → Счетчик
- ТТ 0.2S + 0.05 (Отрицательная погрешность из-за смещения рабочей точки ТТ в область малых токов) + 0.025 (Отрицательная погрешность из-за перегрузки ТТ) → Счетчик 0.2S

Погрешность измерительного комплекса = 0,67%

Схема построения на базе оптических трансформаторов с аналоговыми выходами

Оптические трансформаторы с аналоговым выходом

- NXVT 0.2 + 0.025 (Отрицательная погрешность из-за потерь во вторичных цепях) → Счетчик
- NXCT 0.2S → Счетчик 0.2S

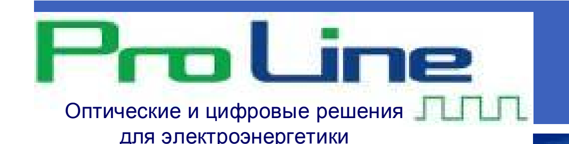
Погрешность измерительного комплекса = 0,37

Схема построения на базе оптических трансформаторов с цифровым выходом

Оптические трансформаторы с цифровым выходом

- NXVT 0.2, NXCT 0.2S → Модуль объединения → Передача данных по протоколу IEC 61850-9-2 → Счетчик с цифровым входом (0.0 % для эталонного ПО)

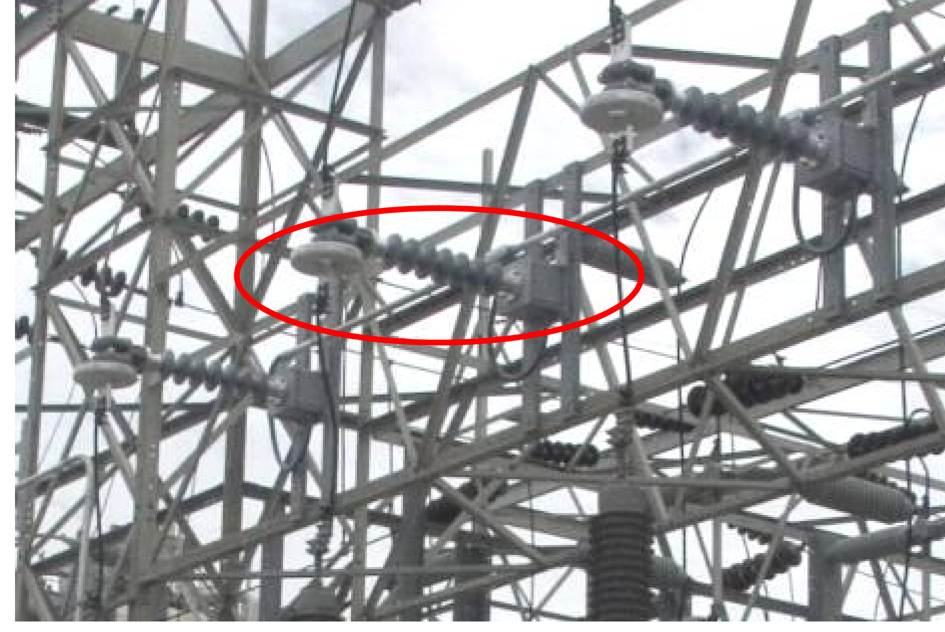
Погрешность измерительного комплекса = 0,28

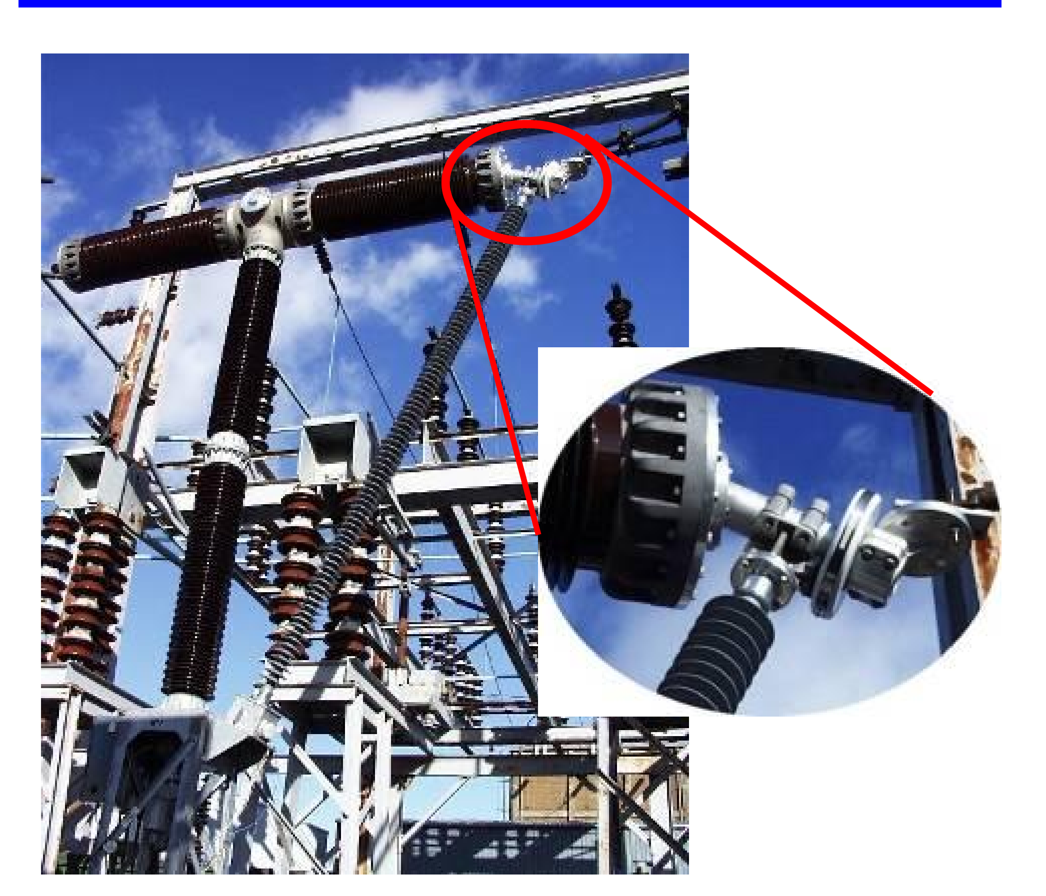


Преимущества оптических трансформаторов.

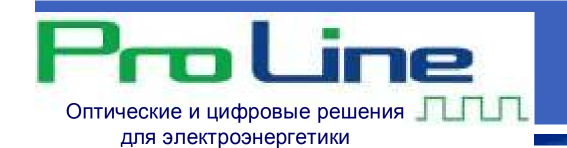
Простота инсталляции в условиях ограниченного пространства

✓ Оптические трансформаторы могут монтироваться в вертикальном, горизонтальном и наклонном положении на существующих конструкциях порталов, выключателей и силовых трансформаторов.





✓ Компактность оптических трансформаторов позволяют устанавливать их в условиях, недопустимых для обычных трансформаторов;
✓ Нечувствительность к внешним электромагнитным полям не требует проведения анализа взаимного расположения шин;
✓ Небольшой вес позволяет проводить монтаж без использования кранов.

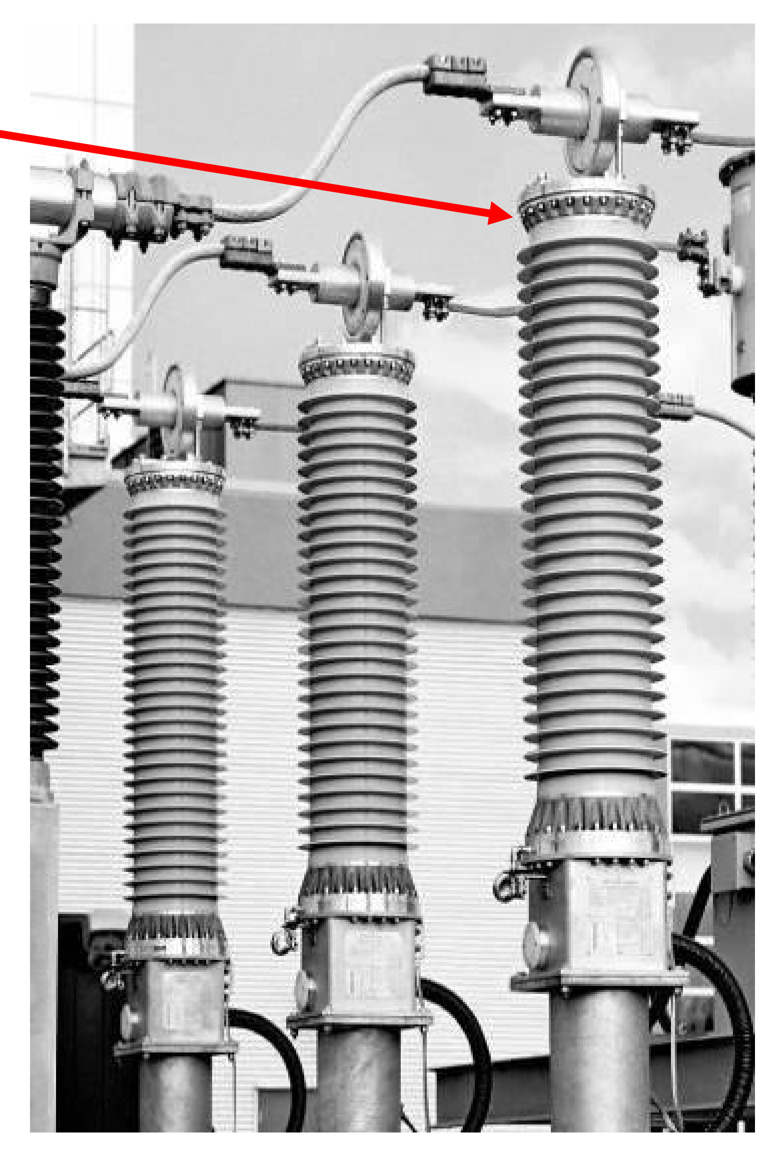


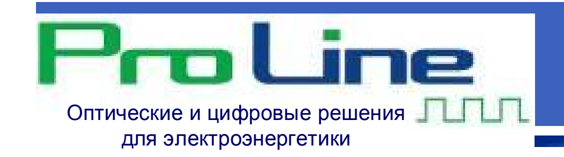
Коммерческий учет и контроль ПКЭ

Комбинированный измерительный оптический трансформатор тока и напряжения - готовое комплектное решение для задач учета электроэнергии.



Линейность амплитудно-частотной характеристики позволяет осуществить контроль ПКЭ с возможностью оценки до 100 гармонических составляющих

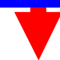




Производство оптических трансформаторов в РФ. Стратегия импортозамещения.

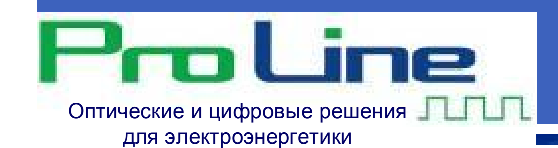


Компанией ООО «Профессиональная линия» представлен бизнес-план проекта «Разработка и производство электронных оптических трансформаторов тока и напряжения»



Предпринимательская идея проекта состоит в получении прибыли за счет создания в Российской Федерации современного высокотехнологичного производства оптических измерительных трансформаторов





Производство оптических трансформаторов в РФ. Основные особенности предпринимательской идеи.

✓ **Ориентация на усиливающиеся потребности энергетической промышленности в современном высокотехнологичном оборудовании, достигаемая за счет использования новых технологий при выпуске продукции**

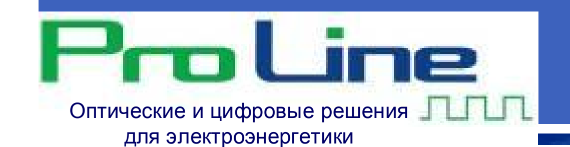






✓ **Ориентация на проведение Предприятием привлекательной ценовой политики**

✓ **Соответствие качества производимой продукции современным международным и отечественным стандартам**



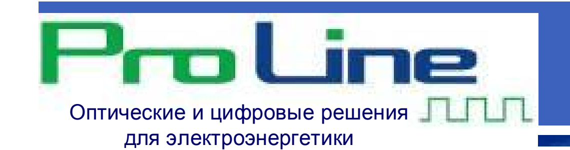
Сокращение издержек.
Стоимость установки и ввода в эксплуатацию.

Компактность оптических трансформаторов позволяет:

- Уменьшить размер фундаментов и объем стальной арматуры
- Выполнять установку оборудования в местах с повышенной сейсмической активностью
- Снизить затраты на транспортировку и погрузо-разгрузочные работы







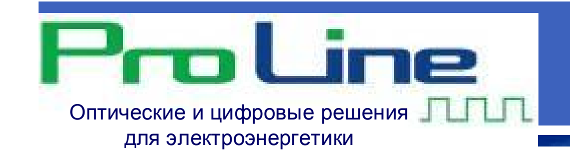
Сокращение издержек. Затраты на техническое обслуживание.

Отсутствие масла и элегаза позволяет:

- Исключить испытания на определение потерь в диэлектрике и исследование проб
- Исключить мониторинг утечки элегаза и контроль уровня масла
- Отсутствие ограничений по утилизации







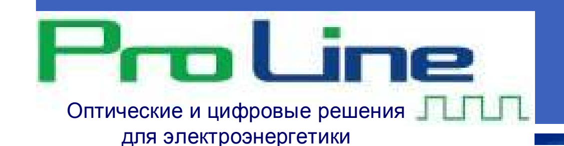
Сокращение издержек.
Затраты на оборудование подстанции.

Комбинированные оптические трансформаторы тока и напряжения позволяют:

- Уменьшить количество единиц оборудования
- Сократить затраты на проектные работы
- Уменьшить размер рабочих площадей



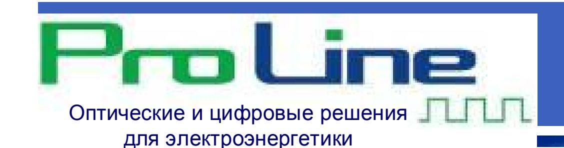




Сравнение затрат на организацию точки учета.

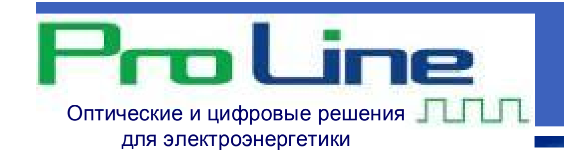
- Традиционные
- Оптические

110 кВ | 220 кВ | 330 кВ | 500 кВ



Сертификация.

Вся линейка поставляемой продукции сертифицирована и внесена в Реестр средств измерений Российской Федерации.

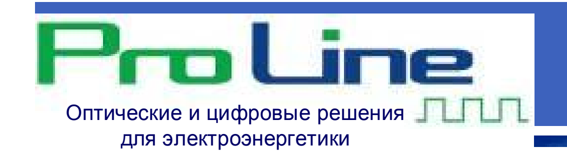


Оптические трансформаторы. Инсталляции в России.





п/с 220кВ (Вологодская обл.)



Оптические трансформаторы. Инсталляции в России.







п/с 110кВ (Свердловская обл.)